

# はじめての 数式処理電卓 Voyage 200

山根英司(関西学院大学物理学専攻)

yamane@ksc.kwansei.ac.jp

## 1 設定の切り替え

Voyage 200 は多くの機能を持っている。デフォルト設定 (出荷時の設定) では全機能が同等に扱われていて、ごちゃごちゃした印象がある (図 1)。

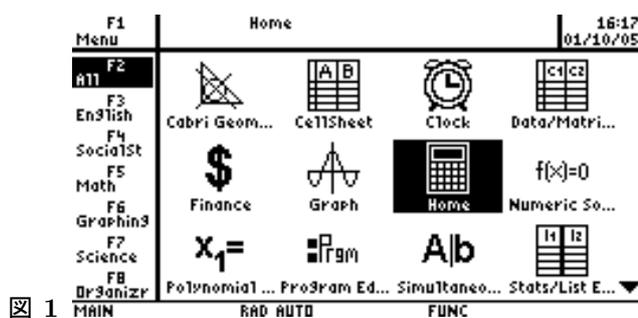


図 1

設定を変えて、数学・物理の勉強に使う機能以外は隠してしまおう。[MODE]を押す。次に [F3]を押す。Apps Desktop の設定が ON になっているのを OFF に変えたい。そのために [▼] でカーソルを移動して ON を反転させる。この状態で [▶] を押すと 1: OFF, 2:ON というメニューが現れる (図 2)。



図 2 TYPE OR USE ←+1 + [ENTER]=OK AND [ESC]=CANCEL

1 を押すとメニューは消えて OFF が反転している。[ENTER]を押すと設定が保存される。アイコンは消えて、画面上端には Algebra, Calc などの文字が表示されている。これが基本画面である (図 3)。



図 3 MAIN RAD AUTO FUNC 0/30

## 2 ごく基本的な操作

キートップに一文字しか印刷されていない場合、そのキーは  $\boxed{x}$  のような表記はせずに単に X, =, (, ^, × のように書く。- は例外的に  $\boxed{-}$  のように書いて  $\boxed{(-)}$  との区別を強調する。  $\boxed{ESC}$  のようにキートップに複数の文字がある場合は箱で囲む。シフトキー  $\boxed{\uparrow}$ , 黄緑色のダイヤモンドキー  $\boxed{\blacklozenge}$  は一文字 (?) だが特別なキーなので箱で囲む。×, ÷ のキーを押すと画面には \*, / と表示される。ここではキーに合わせて ×, ÷ という表記を使う。

$\boxed{ON}$  でスイッチが入る。水色の  $\boxed{2nd}$  を押すと画面の下端に 2ND と表示される。この状態で  $\boxed{ON}$  を押すと電源オフである。  $\boxed{ON}$  のキーのそばに水色で OFF と書いてある。そこで、電源を切る操作を  $\boxed{2nd}$  [OFF] と書き表す。

画面の下のほうに入力行があり、その上の広い領域は履歴エリアである。  $1+3$   $\boxed{ENTER}$ ,  $3 \times (1+99)$   $\boxed{ENTER}$ ,  $22 \div 7$   $\boxed{ENTER}$  などで動作を確認しよう。  $22 \div 7$   $\boxed{\blacklozenge}$   $\boxed{ENTER}$  で近似値が出る。  $22.0 \div 7$   $\boxed{ENTER}$  でもよい。

2 の 100 乗が  $2 \wedge 100$   $\boxed{ENTER}$  で求められる。  $\boxed{\blacktriangleleft}$ ,  $\boxed{\blacktriangleright}$  でカーソルは入力行と履歴エリアを行ったり来たりする。

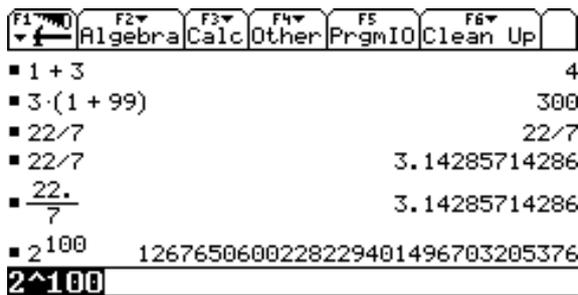


図 4 MAIN RAD AUTO FUNC 6/30

$\boxed{\leftarrow}$  はバックスペースである。カーソルが入力行にあるとき  $\boxed{CLEAR}$  で入力行をクリアできる。普通の削除は  $\boxed{\blacklozenge}$  を押して画面下端に  $\blacklozenge$  が現れるのを確かめてから  $\boxed{\leftarrow}$  を押せばいいが、バックスペースの方が便利である。

カーソルが入力行にあるとき、  $\boxed{\blacktriangleleft}$ ,  $\boxed{\blacktriangleright}$  でカーソルが左右に移動する。  $\boxed{2nd}$  を押して画面下端に 2ND と表示されるのを確かめてから  $\boxed{\blacktriangleleft}$ ,  $\boxed{\blacktriangleright}$  を押

せばカーソルは左端・右端にジャンプする。

履歴がたまって来たのを消去するには  $\boxed{F1}$  の後で 8: Clear Home を選べばよい。選ぶには 8 のキーを押してもいいし、 $\boxed{\blacktriangledown}$  でカーソルを移動して 8: Clear Home を反転させてから  $\boxed{ENTER}$  してもよい。 $\boxed{F1}$  の下のメニューは他にもいろいろあるが、当面必要ないので、負担に感じることはない。

### 3 2次関数 (数学 I)

例  $f(x) = 3x^2 - 4$  のとき  $f(0), f(1), f(-1)$  を求めよ。

$3X^2 \boxed{-} 4 \boxed{STO>} F(X)$  で  $\boxed{ENTER}$  すると Done と表示される。これで関数  $f(x)$  が定義された。大文字と小文字の区別はない。あとは  $F(0)$  などと入力して  $\boxed{ENTER}$  すれば値が分かる。 $f(-1)$  には注意を要する。 $\boxed{-}$  キーと  $\boxed{(-)}$  キーがあつて、 $f(-1)$  は  $\boxed{(-)}$  を使う。 $\boxed{-}$  を使うとエラーメッセージが出る。 $\boxed{ESC}$  を押せばエラーメッセージが消える。 $f(5-3)$  なら  $F(5 \boxed{-} 3)$  と入力する。つまり  $\boxed{(-)}$  は単項演算子で  $\boxed{-}$  は 2 項演算子である。

例  $f(x) = -x^2 + ax - a$  のとき  $f(0), f(1), f(-1)$  を求めよ。

$\boxed{(-)} X^2 + A \times X \boxed{-} A \boxed{STO>} F(X)$  で  $\boxed{ENTER}$  すると Done と表示される。これで関数  $f(x)$  が定義された (上書きされた)。 $\times$  を押さずに  $AX$  と入力すると掛け算の意味には解釈してもらえず  $AX$  という一つの変数 (文字) と見なされる。これが  $2X$  なら大目に見てもらえるが、規則が覚えにくいと思ったら  $2 \times X$  のように几帳面に入力する習慣をつけておくのが安全でよい。

**変数の消去**  $f(x)$  の定義を消去するには、 $DELVAR F$  と一文字ずつ打つ。関数に限らず変数 (variable) を消去 (delete) するにはこうする。今の  $f$  のように変数名がアルファベット 1 文字のものを同時に全て消去する方法がある。 $\boxed{F6}$  のあと 1:Clear a-z を選べばよい。選ぶには 1 のキーを押してもいいし、矢印キーでカーソルを移動して 1:Clear a-z を反転させてから  $\boxed{ENTER}$  してもよい。詳細はガイドブックの「メモリと変数の管理」にある。

例  $x = 2$  のとき最小値  $-4$  を取り、 $x = 1$  のとき  $y = -1$  となる  $x$  の 2 次関数を求めよ。

最小値の条件より  $y = a(x-2)^2 - 4$ ,  $a > 0$  とおく。 $\boxed{F2}$  の 1:Solve を選ぶ (図 5)



図 5 TYPE OR USE  $\leftrightarrow$ + $\uparrow$ + [ENTER]=OK AND [ESC]=CANCEL

SOLVE (  $A \times (1 \square 2) \wedge 2 \square 4 = -1, A$  ) と入力して [ENTER] する. SOLVE は一文字ずつ入力してもよい. 「, A」を忘れてはいけない. 忘れると Too few arguments (引数が足りません) というエラーメッセージが出る.

[F2] の各コマンドの意味は solve (方程式を解け), factor (因数分解せよ), expand (展開せよ, 部分分数分解せよ), zeros (関数の零点を求めよ), approx (近似値を求めよ), comDenom (通分せよ), propFrac (真分数に書き直せ), nSolve (近似解を求めよ), Trig (三角関数の計算), Complex (複素数の計算), Extract (抜き出せ) である. 最後の3つは  $\blacktriangleright$  によってさらに細かいメニューに分かれる (図 6). Trig については後で第 7 節で述べる.

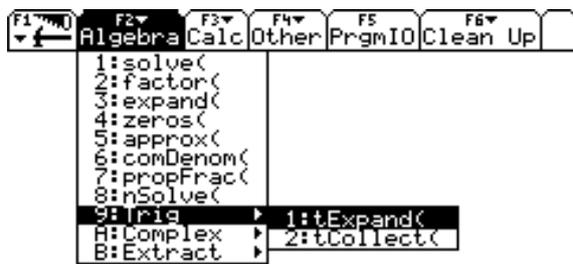


図 6 TYPE OR USE  $\leftrightarrow$ + $\uparrow$ + [ENTER]=OK AND [ESC]=CANCEL

書式を忘れたらヘルプ (CATALOG) を見よう.  $\square$ [CATALOG] (2 のキーのそばに水色で CATALOG と書いてある) で全コマンドのアルファベット順のリストが出てくる. S を押すと S で始まるコマンドのところへ飛び.  $\square$  でカーソルを solve( に合わせると画面の下端に EQUATION, VAR と表示される (図 7). 方程式と変数という意味である. 方程式だけを入力するのではなく, 未知数を指定しなければならないことがわかる. 例えば  $x + y = 1$  で  $x$  が未知数と思えば解は  $x = -y + 1$  であり,  $y$  が未知数と思えば解は  $y = -x + 1$  である. 機械が相手なので  $x + 1 = 3$  のように文字が一つしかないときでも,  $x$  が未知数だといちいち教えねばならない. 面倒だが, がまんする.

なおカーソルが solve に合った状態で [ENTER] すると入力行に SOLVE が入る.



図 7 EQUATION.VAR

例  $y = x^2 - 2x + 2$  ( $0 \leq x \leq 4$ ) が最小となる  $x$  の値を求めよ.

**F3** の 6: fMin を使う.

fMin (X^2 **□** 2×X +2 **□** 0 **□** X AND X **□** 4, X) で出来る. K のキーのそばに水色で | と書いてある. 0 のキーのそばには < が書いてある. AND は一文字ずつ打つのが速い. | は条件を表す.

入力が長すぎて見づらければ次のように 3 行に分ける手がある. すなわち

X^2 **□** 2×X +2 **□** **STO>** F(x) **□** **ENTER**

0 **□** X AND X **□** 4 **□** **STO>** C **□** **ENTER**

fMin (F(X) **□** C, X) **□** **ENTER**

とする.  $f$  と  $c$  の定義を DELVAR F, C か **F6** 1:Clear a-z で消去しておく.

例 グラフが 3 点  $(-1, -6)$ ,  $(1, -2)$ ,  $(3, 10)$  を通る  $x$  の 2 次関数を求めよ.

$y = ax^2 + bx + c$  において連立 1 次方程式

$$\begin{cases} a - b + c = -6 \\ a + b + c = -2 \\ 9a + 3b + c = 10 \end{cases}$$

を解けばよい. **F2** から 1:Solve を選んで

SOLVE(A **□** B+C= **□** 6 AND A+B+C= **□** 2 AND 9×A+3×B+C=10, **□** **□** A, B, C **□** **□**)

と入力して **ENTER** する. AND は一文字ずつ打つ. { と } は **2nd** の後で **(** と **)** を押す. **(**, **)** のそばに水色で {, } が書いてある.

例  $y = x^2 - 5x - 24$  のグラフと  $x$  軸との共有点の座標を求めよ.

**F2** の 1: solve( を用いて

SOLVE( X ^2 **□** 5×X **□** 24=0, X) **□** **ENTER**

とする. 「, X」を忘れてはならない.

あるいは **F2** の 2: factor( を用いて

FACTOR (X ^2 **□** 5×X **□** 24)

とする. これは因数分解のコマンドである. ただし係数は有理数の範囲で因数分解する. 実数の範囲で因数分解するには

FACTOR (X ^2 □ 5×X □ 23, X)

のようにする. 複素数が出てくる場合の操作は数学 B のところで述べる.

**例**  $a$  が定数のとき  $a^2x + 1 = a(x + 1)$  を解け.

SOLVE(A^2×X+1=A×(X+1), X)

で出来る.  $x = \frac{1}{a}$  or  $a = 1$  というのが計算結果である. 人間なら「 $a \neq 0, 1$

のとき  $x = \frac{1}{a}$ ,  $a = 0$  のとき解なし,  $a = 1$  のとき解は任意の実数」と答えるであろう. 機械の答えは間違いではないが非常に簡潔なので, ユーザーがしっかりしていないと使いこなせない. この場合は

FACTOR(A^2×X +1 □ A×(X+1))

とした方が計算結果が解釈しやすいであろう.

**例**  $y = x^2 - 1$  のグラフをかけ.

第 1 節にしたがって Apps Desktop を OFF にしてあるという前提で説明する. [APPS] を押して (図 8) 2:Y= Editor を選ぶ. (2 のキーを押すか, あるいは下向き矢印キー □ でカーソルを移動し, 2:Y= Editor を反転させてから [ENTER] .)



図 8 MAIN RAD AUTO FUNC 0/30

Y= Editor が起動した後, [ENTER] を押すと, カーソルは入力行に来る.  $X^2$  □ 1 [ENTER] と入力すると  $y1(x) = x^2 - 1$  が定義される (図 9).

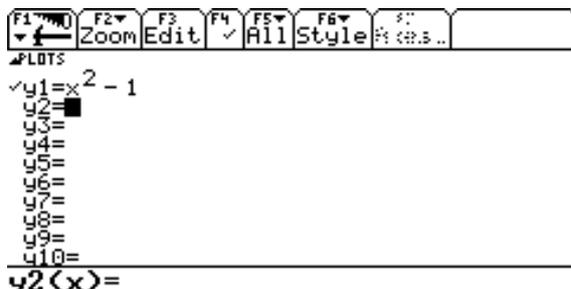


図 9 MAIN RAD AUTO FUNC

再び [APPS] を押して 4:Graph を選ぶとグラフが表示される (図 10).

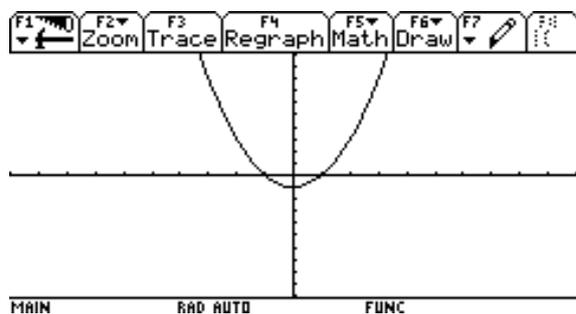


図 10 MAIN RAD AUTO FUNC

$x, y$  の区間を変更するには再び **APPS** を押して 3:Window Editor を選ぶ。7つの項目が設定できる(図 11)が、とりあえず  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ,  $y_{\min}$ ,  $y_{\max}$  だけ考えれば十分だと思う。これらの意味は明らかであろう。

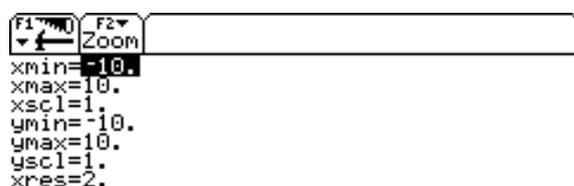


図 11 MAIN RAD AUTO FUNC

Window Editor で設定してもう一度 **APPS**, 4:Graph とやると確かに区間が変わっている。 **APPS** A:Home で見慣れた基本画面に戻る。グラフを描くときはとにかく **APPS** を押すと覚えておけば後は何とかなる。

**例**  $y = -2x^2 + 6x - 3$  のグラフをかけ。

上述の方法で Y= Editor を起動し、 $y_2(x) = -2x^2 + 6x - 3$  と定義する。

このままだと  $y_1, y_2$  両方のグラフが一つの画面に出てしまう。 $y_2$  だけのグラフを描くには **F4** で  $y_1$  のチェックマークを外す。(画面上端に各ファンクションキーの機能が表示されているのでうろ覚えでも大丈夫である。)

## 4 三角比(数学 I)

デフォルトでは角度はラジアンで計ることになっている。確かに画面下端に RAD と表示されている。単位を度 (degree) に変えるためには MODE を変更する。 **MODE** を押して **▼** でカーソルを下に動かして Angle を反転させる。 **▶** で RADIAN と DEGREE を選べるようになっている。DEGREE を反転させて **ENTER** を押す。もう一度 **ENTER** を押してセーブする。こうすると画面下端の RAD が DEG に変わる。

$\boxed{\text{SIN}} \boxed{60} \boxed{\text{ENTER}}$  で  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  が出る. これでは括弧はうまく対応している. というのは  $\boxed{\text{SIN}}$  を押すと ( も自動的に入るからである.  $\text{SIN}(\text{ と一文字ずつ押してもよい. } \boxed{\text{SIN}} \boxed{180} \boxed{-} \boxed{X} \boxed{\text{ENTER}}$  や  $\boxed{\text{COS}} \boxed{90} \boxed{-} \boxed{X} \boxed{\text{ENTER}}$  を試してみよ.

三角方程式は

$$\text{SOLVE}(\boxed{\text{COS}} X) = 1/2, X)$$

$$\text{SOLVE}(\boxed{\text{TAN}} X) = \boxed{2\text{nd}}[\sqrt{\quad}] 3, X)$$

などで解ける.  $\times$  のそばに水色で  $\sqrt{\quad}$  と書いてある.  $\sqrt{\quad}$  は  $\boxed{2\text{nd}}[\text{CATALOG}]$  でも入力できる. 計算結果には任意整数 @n1, @n2 などが含まれる.

$$\text{SOLVE}(\boxed{\text{TAN}} X) = \boxed{2\text{nd}}[\sqrt{\quad}] 3, X) \boxed{2\text{nd}}[||] 0 < X \text{ AND } X < 90$$

で鋭角に絞り込める.  $0 < X < 90$  と入力するとシンタックスエラーになる.

**例**  $(1 + \cos x)^2 + (1 - \sin x)^2 - 2(1 + \cos x)(1 - \sin x)$  を簡単にせよ.

式の簡単化には特別なコマンドはなく自動的に行われる. この例だと

$$((1 + \boxed{\text{COS}} X)^2 + (1 - \boxed{\text{SIN}} X)^2 - 2 \times (1 + \boxed{\text{COS}} X) \times (1 - \boxed{\text{SIN}} X)) \boxed{\text{ENTER}}$$

でよい.  $\boxed{\text{ENTER}}$  の前に  $\boxed{2\text{nd}}[||] X=30$  を入れておくと  $x = 30^\circ$  が代入される.

この例では自動的に展開されたが, 問題によっては, ユーザが指示しないと展開されないこともある. 三角関数 (数学 II) のところの例を参照せよ.

**例**  $a \cos B = b \cos A$  が成り立つとき  $\triangle ABC$  はどんな形の三角形か.

$$(\boxed{A}^2 - \boxed{B}^2 + \boxed{C}^2) \div (2 \times \boxed{B}) \boxed{\text{STO}} \boxed{X} \boxed{\text{ENTER}}$$

$$(\boxed{-} \boxed{A}^2 + \boxed{B}^2 + \boxed{C}^2) \div (2 \times \boxed{A}) \boxed{\text{STO}} \boxed{Y} \boxed{\text{ENTER}}$$

$$\boxed{\text{FACTOR}} (\boxed{A} \times \boxed{X} - \boxed{B} \times \boxed{Y}) \boxed{\text{ENTER}}$$

で出来る.  $a = b$  の 2 等辺三角形である.  $x, y$  が残っていると後で邪魔になるので,  $\boxed{\text{F6}} \boxed{1} \text{Clear a-z}$  で消去しておこう.  $\text{DELVAR } X, Y$  でもよい.

**例** 3 辺の長さが分かっている  $\triangle ABC$  について  $A$  を求めよ.

辺の長さから角度を求める関数 (コマンド)  $\text{KAKU}$  を定義しよう.

$$\text{SOLVE}(\boxed{\text{COS}} X) = (\boxed{-} \boxed{A}^2 + \boxed{B}^2 + \boxed{C}^2) \div (2 \times \boxed{B} \times \boxed{C}), X) \boxed{2\text{nd}}[||] 0 < X \text{ AND } X < 180 \boxed{\text{STO}} \boxed{\text{KAKU}} (\boxed{A}, \boxed{B}, \boxed{C}) \boxed{\text{ENTER}}$$

で定義する.  $\text{KAKU}(\boxed{2\text{nd}}[\sqrt{\quad}] 2, 1, 1) \boxed{\text{ENTER}}$  のようにして使える.

## 5 個数の処理, 確率 (数学 I)

$\boxed{2\text{nd}}[\text{MATH}]$  (5 のキーの上に水色で  $\text{MATH}$  と書いてある) の 7:Probability を反転させる.  $\boxed{\blacktriangleright}$  で!, nPr, nCr (などのコマンドが出てくる.  $\text{nCr}(5, 2) \boxed{\text{ENTER}}$  のようにして使う.

## 6 図形と式 (数学 I)

例 円  $x^2 + y^2 = 5$  と直線  $x - y = 1$  の共有点の座標を求めよ.

SOLVE (X<sup>2</sup> + Y<sup>2</sup> = 5 AND X - Y = 1, {X, Y}) **ENTER**

例 A(-1, 0), B(1, -2) のとき  $AP^2 - BP^2 = 12$  となる点 P の軌跡を求めよ.

(X+1)<sup>2</sup> + Y<sup>2</sup> - (X-1)<sup>2</sup> - (Y+2)<sup>2</sup> = 12 **ENTER**

とすると  $4 \cdot x - 4 \cdot y - 4 = 12$  という結果が出る. 両辺に 4 を加え, さらに両辺を 4 で割ればきれいな結果に直せる.

**2nd** [ANS] (つまり **2nd** [-]) + 4 **ENTER**

**2nd** [ANS] ÷ 4 **ENTER**

とやればよい. **2nd** [ANS] により入力行には ans(1) と表示される. これは直前の結果という意味である. 今の場合直前の結果が等式だったので +4 や ÷ 4 は両辺に 4 を加えたり 4 で割ったりする操作になった.

1 + 1 **ENTER** の後で **2nd** [ANS] + 8 **ENTER** とやって見よ.

## 7 三角関数 (数学 II)

例  $0^\circ \leq \theta < 360^\circ$  のとき  $\sin 2\theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$  を解け.

SOLVE ( **SIN** 2×θ = **2nd** [√] 3 ) ÷ 2 , θ **2nd** [[]] 0 **2nd** [<] = θ AND **ENTER** θ **2nd** [<] 360 **ENTER**

で出来る.  $\theta$  は次のように入力する. + のキーのそばに水色で CHAR と書いてある. **2nd** [CHAR] でギリシャ文字はじめさまざまな文字が入力できる. ちなみに筆者はギリシャ文字を使わず, ラテンアルファベットで代用している.

例  $(1 + \sin x)^2 + \cos^2 x$  を簡単にせよ.

**F2** 3:expand( によって, または一文字ずつ EXPAND と打って

EXPAND( (1 + **SIN** X)<sup>2</sup> + **COS** X<sup>2</sup> ) **ENTER**

**2nd** [ANS] **ENTER**

で出来る. EXPAND は展開するだけで,  $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$  を使った簡単化をするにはもう一手間必要である. 括弧の対応が分かりやすいようにスペースを多めに入れた. **COS** X<sup>2</sup> と押すと入力行に  $(\cos(x))^2$  と表示される.

グラフを描く問題, 三角方程式, 最大最小問題は数学 I のところで説明した方法で出来る. 適当な例題を探して解いてみるとよい.

**F2** 9:Trig の中の tExpand と tCollect で加法定理や倍角公式が使える.

例  $\cos(x + y) \cos(x - y) = \cos^2 x - \sin^2 y$  を示せ.

tExpand ( **COS** X + Y ) × ( **COS** X - Y ) **ENTER**

これらのコマンドは MODE が DEGREE のときは効きが悪い. **MODE** を押して Angle の設定を RADIAN にすると賢くなる.

例  $0^\circ \leq \theta < 360^\circ$  のとき  $\cos 2\theta = \cos \theta$  を解け.

$\theta$  の入力が煩わしいので  $t$  で代用する. MODE は RADIAN にしておく. SOLVE でそのまま解こうとすると厳密には解けず, 近似解を返す. そこで倍角公式を使うように人間が指示する. (左辺)-(右辺) は

tExpand(  $\boxed{\text{COS}} \ 2 \times t \ ) \boxed{-} \boxed{\text{COS}} \ t \ ) \boxed{\text{ENTER}}$

で  $2 \cos^2 t - \cos t - 1$  になる.

SOLVE (  $\boxed{2\text{nd}} \boxed{[ \text{ANS} ]} = 0, t \ ) \boxed{2\text{nd}} \boxed{[ | ]} \boxed{0} \boxed{2\text{nd}} \boxed{[ < ]} t \text{ AND } t \boxed{2\text{nd}} \boxed{[ < ]} = 2 \boxed{2\text{nd}} \boxed{[ \pi ]}$   
で解が求まる.  $\wedge$  のキーのそばに水色で  $\pi$  と書いてある.

$\sin 2A + \sin 2B + \sin 2(\pi - A - B) - 4 \sin A \sin B \sin(\pi - A - B)$  を tExpand すればよい. 同じことだが

tExpand(  $\boxed{\text{SIN}} \ 2 \times A \ ) + \boxed{\text{SIN}} \ 2 \times B \ ) + \boxed{\text{SIN}} \ 2 \times C \ )$

$\boxed{-} \ 4 \times \boxed{\text{SIN}} \ A \ ) \times \boxed{\text{SIN}} \ B \ ) \times \boxed{\text{SIN}} \ C \ ) \boxed{2\text{nd}} \boxed{[ | ]} \ C = \pi \boxed{-} A \boxed{-} B \boxed{\text{ENTER}}$

としてもよい.

例  $\triangle ABC$  において  $2 \sin A \geq \sin 2B + \sin 2C$  を示せ.

(左辺)-(右辺) に  $C = \pi - A - B$  を代入して tExpand した後, FACTOR(  $\boxed{2\text{nd}} \boxed{[ \text{ANS} ]}$  ) とすると (左辺) - (右辺) =  $-2(\sin C - \sin B)(\cos C - \cos B)$  となる.  $B \geq C$  として一般性を失わない. このとき  $\cos C - \cos B \geq 0$  で, また,  $C$  は鋭角である. まず  $0 < C \leq B \leq \pi/2$  の場合は  $\sin B \geq \sin C$  で (左辺) - (右辺)  $\geq 0$  となる. 次に  $B$  が鈍角であっても  $\pi/2 < B < \pi - C$  なのでやはり  $\sin B \geq \sin C$  である. これで証明が終わった.

## 8 指数・対数関数 (数学 II)

$2^{10}$  は  $2 \wedge 10 \boxed{\text{ENTER}}$  でよいが  $2^{\frac{1}{2}}$  は  $2 \wedge (1/2) \boxed{\text{ENTER}}$  のように括弧を入れなければならない.  $2 \wedge 1/2$  は  $(2 \wedge 1)/2$  と同じ意味になってしまう.  $2 \wedge (1/2) \boxed{\text{ENTER}}$  で  $\sqrt{2}$  を返す. 近似値を知りたいときは, ただ  $\boxed{\text{ENTER}}$  を押すのではなく,  $\blacklozenge$  の後で  $\boxed{\text{ENTER}}$  を押せばよい. ( $\leftarrow$  の隣にある  $\boxed{\text{ENTER}}$  のそばだけに  $\approx$  が黄緑で書いてあるが, 他の  $\boxed{\text{ENTER}}$  でも近似値が求められる.)

ついでに  $\boxed{2\text{nd}} \boxed{[ \pi ]} \blacklozenge \boxed{\text{ENTER}}$  とやってみよ.  $\wedge$  のそばに水色で  $\pi$  と書いてある. (桁数を増やすには  $\boxed{\text{MODE}}$  で Display Digits の設定を変える.)

例  $4^x - 3 \cdot 2^{x+1} - 16 = 0$  を解け.

SOLVE で簡単に解ける.

例  $2^{2x} - 2^{x+1} < 0$  を解け.

$2 \wedge (2 \times X) \boxed{-} 2 \wedge (X + 1) \boxed{\text{STO} >} Y1(X) \boxed{\text{ENTER}}$

SOLVE (Y1(X)=0, X)  $\boxed{\text{ENTER}}$

とする.  $x = 1$  が方程式  $y1(x) = 0$  の唯一の解である.  $x \rightarrow \pm\infty$  の極限を考えれば  $x < 0$  が問題の不等式  $y1(x) < 0$  の解であることは明らかではあるが, 参考のためグラフを使って解いてみよう.  $\boxed{\text{APPS}}$  から Y= エディタを起動す

ると  $y_1$  のところには既に  $2^{2x} - 2^{x+1}$  が入っている. **APPS** 4:Graph でグラフが描ける.

常用対数  $\log_{10} x$  は **LOG (X)** である. **LOG** は一文字ずつタイプする. 例えば **LOG (1000)** **ENTER** で 3 を返す.

一般の底の対数は組み込まれていないのでユーザーが定義しなければならない. 底の変換公式を利用し, コマンド名は例えば **LG** として

**LOG(B) ÷ LOG(A)** **STO>** **LG(A, B)** **ENTER**

で定義出来る. **LG(2, 8)** **ENTER**, **LG(3, 1 ÷ 81)** **ENTER** などを試してみよ.

**例**  $(\log_2 9 + \log_4 3)(\log_3 2 + \log_9 4)$  を計算せよ.

**LG** を使えば容易.

**例**  $(\log_2 x)^2 + \log_2 x^3 = 0$  を解け.

**SOLVE** を単純に当てはめると近似解が出る. 厳密解を求めるには  $t = \log_2 x$  つまり  $x = 2^t$  という置換を手作業で行う.

**(LG(2, X))^2 + LG(2, X^3)** **STO>** **F(X)** **ENTER**

**ZEROS(F(2^T), T)** **ENTER**

とする. **ZEROS** は一文字ずつ打ってもよいが **F2** 4:zeros( でもよい. これは関数の零点を求めるコマンドであり, 今の場合  $\{-3, 0\}$  という解のリストを返す.  $t = -3, 0$  という意味である.  $x = 2^t$  を求めるために

$2^{\wedge}$  **2nd** **[ANS]** **ENTER**

とすると  $\{1/8, 1\}$  というリストを返す.

## 9 微分法・積分法 (数学 II)

**F3** で微積分のコマンドを入力できる.



図 12 TYPE OR USE  $\leftrightarrow$  **F3** **ENTER**=OK AND **[ESC]**=CANCEL

**例**  $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{h^2 - 4h}{h}$  を求めよ.

**F3** 3:limit( を用いて (一文字ずつ打ってもよい)

**LIMIT( (H^2 - 4×H) ÷ H, H, 0 )** **ENTER**

とすればよい.

**例**  $y = x^3 - 5x^2 - 6$  を微分せよ.

**F3** 1:d( differentiate を用いて  
 $d(X^3 - 5 \times X^2 - 6, X)$  **ENTER**

**例**  $y = x^3 + x^2$  上の  $x = -1$  の点における接線を求めよ.

接線の公式をユーザ定義関数に翻訳する.

$(d(F,X) \text{ 2nd} [||X=A) \times (X - A) + (F \text{ 2nd} [||X=A) \text{ STO> SE}(F,A) \text{ ENTER}$   
とすればよい. 今の例は  $\text{SE}(X^3 + X^2, (-)1) \text{ ENTER}$  で出来る.

積分は **F3** 2:f integrate を用いる.  $\int(X^2, X) \text{ ENTER}$  と  $\int(X^2, X, 3, 4) \text{ ENTER}$  でそれぞれ  $\int x^2 dx$ ,  $\int_3^4 x^2 dx$  が求められる.

## 10 極限 (数学 III)

J のそばに水色の  $\infty$  がある. **F3** の 3:Limit や 4: Sum と組み合わせて  
 $\text{LIMIT}(1 \div N, N, \infty) \text{ ENTER}$  や  $\text{SUM}(1 \div (N \times (N+1)), N, 1, \infty) \text{ ENTER}$  のように使う.

数列が漸化式で与えられたとき, 始めの数十項の値を求めて収束の様子を調べるのは面白い. **MODE** で SEQUENCE を選んだ後 Y= Editor で漸化式と初項を入力する. **APPS** Table (数表) で各項の値が見られる.

## 11 三角関数, 指数・対数関数 (数学 III)

**MODE** の Angle で RADIAN と DEGREE を切り替えられる. tExpand などは RADIAN に設定しておいたほうがよく効く.

**LN** は自然対数である. そばに水色で  $e^x$  と書いてあり,  $e($  が入力できる. **←** で少し削れば  $e$  になる.  $e(1)$  でもよい.

## 12 微分 (数学 III)

高次導関数が  $d(\text{SIN } 2 \times X, X, 3) \text{ ENTER}$  のようにして求められる.

2次関数の2階導関数は2次の係数の2倍である.  $x$  の2次関数の判別式を計算するコマンドは次のように定義できる.

$(d(F,X) \text{ 2nd} [||X=0) \wedge 2 - 2 \times d(F,X,2) \times (F \text{ 2nd} [||X=0)$   
**STO> HAN(F) ENTER**

平方完成も同様に出来るが, 定義が長くなったら **APPS** 7:Program Editor を使うのがよい. 詳細はガイドブックを見よ.

### 13 数と式 (数学 A)

因数分解は  $\boxed{F2}$ 2:factor(, 展開は  $\boxed{F2}$ 3:expand( で出来る.

$\boxed{F2}$ 6:comDenom( は通分である.

comDenom(1 ÷ X+1 ÷ (X+1))  $\boxed{ENTER}$

$\boxed{F2}$ 7:propFrac( は真分数に直す.

propFrac( (X^2+1) ÷ (X+1))  $\boxed{ENTER}$

$\boxed{F2}$ B:Extract で 1:getNum( を選ぶと分子が取り出せる. 2:getDenom( で分母が取り出せる.

(X^2+1) ÷ (X+1)  $\boxed{STO>}$  P  $\boxed{ENTER}$

getNum(P)  $\boxed{ENTER}$

getDenom(P)  $\boxed{ENTER}$

**例**  $(2x^3 - 5x^2 + 4x - 1) \div (x^2 - x + 1)$  の計算をし, 商と余りを求めよ.  
propFrac を使えばよい.

部分分数分解が EXPAND で出来る. 例えば

EXPAND( 1 ÷ (X×(X-1)) )  $\boxed{ENTER}$

### 14 コンピュータ (数学 A)

$\boxed{APPS}$ 7:Program Editor ではユーザ定義関数を作成する他にプログラムを作成することが出来る. 言語は Basic に似ている.

### 15 複素数 (数学 B)

I の記号のそばに水色で  $i$  と書かれている. 虚数単位である.

FACTOR, SOLVE, ZEROS は複素数を扱えない.  $\boxed{F2}$ A:Complex のなかに cSolve(, cFactor(, cZeros( があり, これらは複素数を扱える. 例えば

cFactor(X^4+1, X)  $\boxed{ENTER}$

とする. cFactor(X^4+A^2, X) と cFactor(X^4+A^2, A) の違いを調べよ.

### 16 行列 (数学 C)

行列  $\begin{pmatrix} a & b & c \\ x & y & z \end{pmatrix}$  は [a, b, c; x, y, z] のように入力する. これは省略した書き方で, 正式には [[a, b, c] [x, y, z]] とする. [ ] と; は  $\boxed{2nd}$  の後でそれぞれ, と ÷ と M を押す. 以下, 入力法の説明で  $\boxed{2nd}$  は省略して書く.

和差積は +,  $\boxed{-}$ , × でよい. 逆行列は  $\wedge(\boxed{-})1$  で, 2乗は  $\wedge 2$  で求められる.

[1, 2; 3, 4]  $\boxed{STO>}$  M1  $\boxed{ENTER}$

[a, b; x, y] **STO>** M2 **ENTER**

としよう。M1 で 1 つの変数 (今の場合行列) である。M2 も同様である。  
M1+M2 **ENTER**, M1 **-** M2 **ENTER**, M1×M2 **ENTER**, M1^(**(-)**1) **ENTER**,  
M1^2 **ENTER** とやってみよう。

連立 1 次方程式は SOLVE でも解けるが、他に 1 次方程式固有の方法がある。  
**2nd** [MATH] 4:Matrix の 4: rref( は reduced row echelon form の略であり、掃き出し法によって行列を標準形に直すコマンドである。

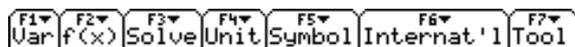
例 
$$\begin{cases} x + 2y = 0 \\ 3x + 7y = 1 \end{cases}$$
 を解け。

rref([1, 2, 0; 3, 7, 1]) **ENTER** で  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$  を得る。

rref は全て自動化されているが、**2nd** [MATH] 4:Matrix J:Rowops の中に  
手動操作用のコマンドがある。例えば mRowAdd( はある行の定数倍を他の  
行に加える。単純な掛け算や足し算は機械にまかせて、掃き出し法の方針を  
立てる練習に使える。詳細はガイドブックの付録を見よ。

## 17 予想外の画面が出たとき

間違ったキーを押したために予想外の見たこともない画面が出てしまうことがある。元に戻すにはまず **ESC** を試みる。画面上端に F1:Var などと表示されているとき (図 13) は **2nd** [CUSTOM] で元に戻る。



カーソルが上書きモードになってしまったとき (■が点滅, 図 14) は **2nd** **←** で元に戻る。

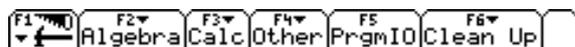


図 14 MAIN RAD AUTO FUNC 0/30

## 18 Voyage 200 を何に使うか

**計算練習の支援** 計算練習をしていて答えが合わないことはよくある。どこで間違えたか分からないとき、電卓が役立つ。もちろん、最終的には電卓の助けなしに手で計算できるようにしっかり理解することを目標にしている。

**大量の例の実験** 定理ないし公式の例を授業で大量に与えるには時間が足りない。電卓があれば学生が多くの例を自分で作れる。

**グラフと数表による理解** テイラーの定理、フーリエ級数、常微分方程式等の勉強にグラフと数表が有効である。学生が自分で描くことが出来る。

**ルーティンワークは電卓任せ** 線型代数で掃き出し法や行列式の計算が何度となく必要でうんざりさせられる。例えば対角化の勉強をするような段階ではやれば出来るに決まっている単調な計算は電卓に任せていいと思う。フーリエ係数を求めるための積分やラプラス逆変換のための部分分数分解など、解析でも同じようなことは随所にある。

## 参考文献

- [1] Texus Instruments: Voyage 200 ガイドブック (本体についてくるもの)
- [2] 数研出版: オリジナル数学 I, II, III ; 4STEP 数学 A, B, C
- [3] 講談社ブルーバックス: 高校生のための逆引き微分積分 (サポートページは <http://sci-tech.kwansei.ac.jp/~yamane/gyakubiki.html>)